

Equações Volumétricas para Espécies Nativas e Exóticas no Município do Cantá, RR.





ISSN 1981 - 609X
Dezembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16

Equações Volumétricas para Espécies Nativas e Exóticas no Município do Cantá (RR)

Hélio Tonini

Shirlany Ribeiro de Melo

Boa Vista, RR
2009

Embrapa Roraima, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16.
Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Roraima

Rodovia BR-174, km 8 - Distrito Industrial

Cx. Postal 133 –CEP. 69.301-970

Boa Vista- Roraima-Brasil

Telefax: (95) 4009-7100

Home page: www.cpafr.embrapa.br

E-mail: sac@cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Marcelo Francia Arco-Verde

Secretário-Executivo: Newton de Lucena Costa

Membros: Aloísio de Alcântara Vilarinho

Jane Maria Franco de Oliveira

Paulo Sérgio Ribeiro de Mattos

Ramayana Menezes Braga

Ranyse Barbosa Querino da Silva

Normalização Bibliográfica: Jeana Garcia Beltrão Macieira

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

Revisão Gramatical: Luiz Edwilson Frazão

1ª edição

1ª impressão (2009): 300

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Roraima

Tonini, Hélio.

Equações Volumétricas para espécies nativas e exóticas no Município do Cantá / Hélio Tonini e Shirlany Ribeiro de Melo . - Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 17 p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

1. Espécies Nativas. 2. Espécies exóticas. 3. Equação volumétrica. I. Melo, Shirlany Ribeiro de. II. Título. III. Embrapa Roraima.

CDD: 634.97

SUMÁRIO

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões.....	16
Referências Bibliográficas.....	16

Equações volumétricas para espécies nativas e exóticas no município do Cantá (RR)

Hélio Tonini¹

Shirlany Ribeiro de Melo²

Resumo

Este trabalho foi realizado com o objetivo de selecionar uma equação de volume total com casca para espécies florestais nativas e exóticas em plantios homogêneos no município do Cantá, Roraima. Dez modelos volumétricos foram avaliados quanto ao seu desempenho em plantios de 5 a 9 anos de idade, no campo experimental da Embrapa Roraima localizado na região da Confiança, no município do Cantá. As árvores-amostras são resultado de um desbaste realizado em janeiro de 2008, onde foram retiradas 197 árvores, sendo 99 de clones de *Eucalyptus urograndis*, 38 de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), 32 de angelim-ferro (*Dinizia excelsa*) e 28 de visgueiro (*Parkia pendula*). Para a determinação do volume, as árvores foram cubadas utilizando a metodologia de Smalian. Com base nos critérios adotados para a avaliação comparativa dos ajustes das equações verificou-se ser necessário o ajuste de diferentes equações para cada espécie, selecionando-se assim, para as espécies nativas as equações de Spurr logaritimizada para castanheira-do-brasil, a de Schumacher-Hall para o angelim, a de Stoate para o visgueiro e para os clones de *Eucalyptus urograndis* as de Meyer e de Schumacher-Hall.

Palavras-chave: Espécies nativas, Reflorestamento, Volume total.

¹ Eng. Florestal, D.Sc., Pesquisador, Embrapa Roraima. BR-174, km 08, Cx. P. 133, Boa Vista, Roraima. helio@cpafrr.embrapa.br

² Eng. Agrônoma, M.Sc., Fundação Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia de Roraima, Avenida Ville Roy 4935, São Pedro, CEP 69306-040, Boa Vista, Roraima.

Volumetric equations for native and exotic species in the Municipal District of Cantá, RR

Abstract

The objective of this study was to fit an total volume with bark volume equation to forest species in homogeneous stands at municipal district of Cantá, Roraima. Ten models were evaluated for native and exotic trees in ages between 5 to 9 years. The sample trees were obtained from thinning of 197 trees, being 99 of *Eucalyptus urograndis* clones, 38 of Brazil - nut (*Bertholletia excelsa*), 32 of angelim (*Dinizia excelsa*) e 28 de visgueiro (*Parkia pendula*). To determine the volume the trees were cubed of using the Smalian methodology. Based on adopted criteria for comparative evaluation of the volumetric equation it was verified to be necessary to fit different equations for each species. The residual graphical analysis indicated that the species differed in both parameters, not being possible to the use of an only equation for all the species studies, selecting, for logarithmic equation of Spurr for Brazil-nut, the Schumacher-Hall equation for angelim, the Stoate equation for visgueiro, and for *Eucalyptus urograndis* the Meyer and Schumacher-Hall models.

Keywords: Native Species, Reforestation, Total volume.

1. Introdução

Apesar de sua indiscutível importância para o Brasil e para o mundo, a floresta amazônica vem sendo devastada em uma velocidade impressionante. São várias as causas do desmatamento, sendo que as principais são o estabelecimento de pastagens para criação de gado e a exploração predatória madeireira (PIRANI, 2007).

Nos últimos anos foram implementadas leis cada vez mais rigorosas visando coibir o avanço acelerado do desmatamento, sendo o reflorestamento considerado fundamental para garantir a reposição florestal e recuperação de áreas degradadas. A floresta plantada tem função de promover a estabilidade do ecossistema podendo ser utilizada parte da estrutura da vegetação originária da região e plantas exóticas adaptadas (HOSOKAWA et al., 1998). O reflorestamento, além dos benefícios ecológicos, aumentaria a oferta de madeira na região e a renda na propriedade rural, diminuindo a pressão sobre florestas naturais remanescentes (TONINI et. al., 2006).

A escolha de espécies é um sério problema em países tropicais e subtropicais, onde o uso de uma espécie em local inadequado pode levar a problemas como: produtividade inferior ao potencial da região; elevada suscetibilidade ao ataque de pragas; inadaptação da espécie e produção de madeira com baixa qualidade (FERREIRA, 1987). Entre os principais critérios para a seleção de espécies para reflorestamento estão a aptidão comercial e elevada produtividade (LAMPRECHT, 2000).

De acordo com Rodrigues et al. (1990) a tecnologia para reflorestamento com essências nativas ainda é pouco conhecida, tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem contribuir para o sucesso dos plantios e a recuperação da cobertura florestal com espécies típicas da região. Neste contexto, Tonini et al. (2005) relatam que as espécies nativas muitas vezes deixam de ser estudadas por, na maioria das vezes, não existirem informações relativas a sua ecologia, silvicultura e biometria, dificultando assim avaliar o seu potencial produtivo, diante disto, os trabalhos dendrométricos, em geral, são relacionados com espécies introduzidas, de rápido crescimento, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

Para avaliar o potencial produtivo das espécies em plantios comerciais faz-se necessário a obtenção de estimativas de volume em função da altura e do diâmetro das árvores com a utilização de modelos matemáticos. Nos últimos anos, as estimativas do

volume de árvores têm evoluído com o desenvolvimento de um número considerável de modelos matemáticos (COUTO et al., 1987).

A variável volume constitui-se em uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial produtivo de uma floresta. Segundo Figueiredo Filho et al. (2005), a quantificação do volume sólido em povoamentos florestais é imprescindível para a implementação de planos de manejo sustentável das florestas, sistemas agroflorestais e a reposição florestal.

O objetivo deste trabalho foi selecionar equações de volume para espécies florestais nativas e exóticas em plantios homogêneos no município do Cantá, RR.

2. Material e Métodos

Os dados para a realização deste estudo foram obtidos dos plantios experimentais do projeto “Silvicultura Manejo e tecnologia da madeira para sistemas de produção de florestas plantadas em áreas alteradas na Amazônia” estabelecidos no Campo Experimental Confiança, da Embrapa Roraima, município do Cantá, distante cerca de 90 km da capital do Estado, Boa Vista, localizado nas coordenadas geográficas 02° 15' 00" de latitude norte e 60° 39' 54" de longitude oeste.

No local o clima é classificado como Ami (Köppen), com precipitação média de 1900 mm, com época chuvosa ocorrendo no período de abril a setembro, sendo o mês de junho, o mais chuvoso, representando cerca de 19% da precipitação total anual. O solo do local do experimento é do tipo argissolo, constituído por argila de atividade baixa e horizonte B textural (EMBRAPA, 1999).

As árvores-amostra para a realização deste estudo foram resultado de um desbaste realizado em janeiro de 2008, sendo retiradas, aproximadamente, 50 % das árvores em cada parcela. Ao todo foram retiradas 197 árvores com idade variando entre 6 e 9 anos, sendo 99 de clones de *Eucalyptus urograndis* (eucalipto), 38 de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), 32 de angelim-ferro (*Dinizia excelsa*) e 28 de Visgueiro (*Parkia pendula*). Para a determinação do volume, as árvores abatidas foram cubadas utilizando-se a metodologia de Smalian com a medição dos diâmetros com casca nas posições 0,1; 0,7; 1,0; 1,3 m e a partir deste ponto de metro em metro até a última secção do fuste da árvore. A altura total (h) da árvore foi medida com trena.

As árvores foram plantadas em parcelas de 180 m² em espaçamento 3x2 m para eucalipto e 3x4 para as demais espécies estudadas, totalizando 81 plantas por parcela para todas as espécies. Os plantios das mudas foi feitos por coveamento direto, utilizando-se 60 g de superfosfato simples na cova.

Para estudar o crescimento volumétrico em função do diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura total foram avaliados 10 modelos matemáticos de equações de dupla entrada, sendo sete modelos aritméticos e três logarítmicos apresentados na Tabela 1.

Os 10 modelos foram testados para todas as espécies, e em seguida analisou-se comparativamente os critérios de precisão estatística como coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), o erro padrão de estimativas em porcentagem ($Syx\%$) recalculado para unidade aritmética no caso de equação logarítmica e o valor de significância de F. De acordo com Machado (2002), o R^2_{aj} expressa a quantidade de variação da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes e quanto mais próximo de um, melhor terá sido o ajuste. O $Syx\%$ demonstra a dispersão média entre os valores observados e estimados, sendo que, quanto menor for este valor melhor o ajuste e o erro associado ao uso da equação.

Tabela 1. Equações de volume de dupla entrada ajustadas para as espécies avaliadas.

Número	Modelo	Autor
01	$V = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
02	$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
03	$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2$	Nastund
04	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h + b_5 h$	Meyer
05	$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h$	Meyer modificada
06	$Ln v = b_0 + b_1 Ln d^2 h$	Spurr logaritimizada
07	$Ln v = b_0 + b_1 Ln d + b_2 Ln h$	Schumacher-Hall
08	$Ln v = b_0 + b_1 Ln d^2 + b_2 Ln^2 d + b_3 Ln h + b_4 Ln^2 h$	Baden-Wurt
09	$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$	
10	$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^3 + b_3 h + b_4 1/h$	Stoate

Fonte: Finger (1992). Sendo: V= volume comercial com casca (m³); D = diâmetro a altura do peito (cm); H= altura (m); b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficiente.

Para avaliação das equações, foram construídos gráficos para a análise de resíduos das equações que apresentaram os melhores índices de ajustes (R^2_{aj}) e de precisão ($Syx\%$), visando verificar a distribuição dos resíduos ao longo da linha de regressão, se apresenta tendenciosidade ou se a distribuição dos valores observados é uniforme, selecionando-se assim a equação que apresentou melhor ajuste por espécie.

As equações escolhidas foram as que apresentaram os maiores índices de R^2_{aj} e menor $Syx\%$ e distribuição não tendenciosa e uniforme entre os valores observados ao longo da linha de distribuição de resíduos, por meio de gráficos de dispersão. DRAPER e SMITH (1966), consideram a análise gráfica como a mais adequada para se ter melhor noção da dimensão das sub e super estimativas do valor real e assim comparar os diversos modelos ajustados.

3. Resultados e Discussão

Com a aplicação dos cálculos de ajuste para todas as equações de volume em cada uma das 6 espécies estudadas, foi possível avaliar os melhores modelos. Para cada uma das espécies foram selecionados os três melhores modelos, por apresentarem estimativas de ajuste bem próximas entre si para posterior análise gráfica. Na Tabela 2, são apresentados os ajustes obtidos dos modelos de equação volumétrica para a Castanheira-do-Brasil.

Tabela 2. Ajuste das equações de volume testadas para a castanheira-do-brasil.

Modelo	Coeficientes						Ajuste			
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	R^2_{aj}	$SYX\%$	F	Prob>F
1	-0,0023	5,0E-05					0,786	30,46	137,1	7,8E-14
2	0,0099	-2,9E-06	5,7E-05	-0,00213			0,779	30,99	44,41	7,4E-12
3	0,0095	-3,8E-06	4,6E-05	3,4E-05	-0,0005		0,775	31,26	32,83	4,4E-11
4	-0,0211	1,3E-02	-7,8E-04	-0,00056	0,0001	-0,0042	0,769	31,60	25,66	2,5E-10
5	-0,0402	1,6E-02	-8,9E-04	-0,0012	0,0001		0,776	31,20	33,00	4,2E-11
6	-9,4942	9,3E-01					0,932	31,65	507,15	8,3E-23
7	-9,4989	2,1E+00	0,66407				0,933	31,95	259,67	1E-21
8	-7,9743	2,2E+00	0,0351	-1,1037	0,4308		0,935	36,01	133,15	7,2E-20
9	0,0169	-5,9E-05	-0,003	6,1E-05			0,779	30,90	44,43	7,4E-12
10	-0,1084	2,9E-04	9,6E-06	0,0095	0,2473		0,744	33,30	27,83	3,6E-10

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; $SYX\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; Prob > F.

Na Tabela 2, verifica-se que os modelos oito, sete e seis tiveram melhor desempenho nos índices de R^2_{aj} , variando de 0,932 a 0,935. Os demais modelos apresentaram baixos desempenho para esta variável, com valores entre 0,744 a 0,786. Quanto ao erro padrão da estimativa ($Syx\%$), observa-se valores bem elevados variando

entre 30,46% a 36,01% para todos os modelos testados. Para esta variável, os modelos um, nove e dois foram os que apresentaram os menores valores. Verificou-se ainda que o modelo dez apresentou os piores resultados. Para análise gráfica dos resíduos foram selecionados os modelos seis, sete e nove por apresentarem os melhores valores de R^2_{aj} e Syx%. O modelo 8 apresentou os valores mais altos para R^2_{aj} , porém não foi o selecionado por apresentar o erro padrão de estimativa muito elevado.

O ajuste para o angelim-ferro apresentado na Tabela 3, mostra que todos os modelos testados apresentaram índices de R^2_{aj} entre 0,794 a 0,880, sendo que os modelos, sete, oito e dez apresentam os maiores valores desta variável. Quase todos os modelos, com exceção do seis, apresentam erro padrão da estimativa bem próximos entre si. Os três modelos selecionados para a avaliação gráfica foram o três, o sete e o dez.

A Tabela 4 apresenta os resultados para o visgueiro. Todos os modelos, à exceção do 6, obtiveram bom desempenho nos índices de R^2_{aj} e Syx%, sendo selecionados os modelos um, dois e nove para a avaliação gráfica dos resíduos.

Tabela 3. Ajuste das equações de volume testadas para o angelim-ferro

Modelo	Coeficientes						Ajuste			
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	R^2_{aj}	SYX%	F	Prob>F
1	-0,0090	0,0001					0,854	21,832	182,318	2,77E-14
2	0,0276	-0,0002	0,0001	-0,0046			0,847	22,381	58,010	3,9E-12
3	-0,0247	-0,0008	0,0003	-0,0004	0,0023		0,864	21,044	50,378	3,88E-12
4	-0,0865	0,0025	0,0004	-0,0036	0,0002	0,0282	0,857	21,632	38,050	3,72E-11
5	0,1429	-0,0380	0,0021	0,0013	-0,0001		0,861	21,331	48,849	5,58E-12
6	-5,8032	0,0670					0,794	29,279	120,672	4,91E-12
7	-10,7744	2,1693	1,1691				0,882	21,396	117,272	1,27E-14
8	-9,5719	-2,9555	1,0692	5,8674	-1,1222		0,880	21,413	57,688	7,74E-13
9	0,0276	-0,0002	-0,0046	0,0001			0,847	22,381	58,010	3,9E-12
10	0,0473	-0,0008	0,0001	0,0033	-0,2404		0,866	20,913	51,095	3,28E-12

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; SYX% = erro padrão da estimativa em porcentagem; Prob >F.

Tabela 4. Ajuste das equações de volume testadas para o Visgueiro.

Modelo	Coeficientes						Ajuste			
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	R^2_{aj}	SYX%	F	Prob>F
1	0,00116	0,00005	0,00006				0,945	15,785	463,8	4,2E-18
2	0,01654	-0,00005	0,00008	-0,00280			0,942	16,223	146,6	1,5E-15
3	0,00770	-0,00011	-0,00061	-0,00003	-0,00002		0,940	16,534	105,8	1,8E-14
4	-0,06411	0,01395	-0,00036	-0,00216	0,00014	0,01002	0,939	16,667	83,45	1,5E-13
5	-0,01235	0,00661		-0,00075	0,00010		0,940	16,417	107,4	1,6E-14
6	-5,39216	0,07277	1,06988				0,832	30,576	135,1	8,5E-12
7	-9,55500	1,81426	0,72432				0,926	16,731	169,5	2,9E-15
8	-8,62096	-1,69171	-0,00280	4,72806	-1,01787		0,926	17,120	85,02	2E-13
9	0,01654	-0,00005	0,00002	0,00006			0,942	16,223	146,6	1,5E-15
10	-0,13851	0,00002	0,00006	0,01640	0,31930		0,928	18,007	85,022	2E-13

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; SYX% = erro padrão da estimativa em Porcentagem; Prob > F.

Na avaliação para os clones de eucaliptos, verifica-se que para o clone 1270 (Tabela 5), houve grande variação nos índices do R^2_{aj} entre (0,427 a 0,906) e valores bem próximos para Syx%, excetuando os modelos seis com 23,92 e sete com 24,34. Para melhor avaliação dos resíduos selecionou-se os modelos quatro, nove e dez para análise gráfica dos resíduos. Os clones 1232 e 321, foram os que apresentaram melhores valores para R^2_{aj} , todos superiores a 0,90 e de Syx% com valores bem baixo variando entre 5,03 a 18,944 (Tabelas 6 e 7). Foram selecionados os modelos sete, oito e nove para o clone 1232 e quatro, cinco e nove o clone 321. Observa-se que os modelos 4 e 9 apresentaram bons ajustes para os três clones estudados

Tabela 5. Ajuste das equações de volume para o clone de eucalipto 1270.

Modelo	Coeficientes						Ajuste			
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	R^2_{aj}	SYX%	F	Prob>F
1	0,0615	0,00003					0,874	14,36	229,575	3,7E-16
2	0,2159	-0,00055	5,295E-05	-0,00721			0,889	13,48	88,915	5,0E-15
3	0,0756	-0,00007	4,910E-05	-0,00002	4,87304E-05		0,879	14,05	61,106	1,0E-13
4	-0,1124	0,04307	-1,829E-03	-0,00243	0,000128733	0,01063	0,909	12,22	66,719	1,1E-14
5	0,1446	0,00269	-2,889E-04	-0,00079	6,72378E-05		0,427	12,07	85,406	1,3E-15
6	-2,9461	0,01071					0,506	23,92	34,860	1,4E-06
7	-4,9634	0,80716	3,905E-01				0,488	24,34	16,756	1,2E-05
8	2,7892	-3,01363	8,822E-01	-2,39659	0,483981892		0,804	12,91	34,843	1,1E-10
9	0,2159	-0,00055	-7,213E-03	0,00005			0,889	13,47	88,915	5,0E-15
10	-0,1089	-0,00041	4,987E-05	0,00782	1,04834509		0,906	12,38	80,724	2,7E-15

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; SYX% = erro padrão da estimativa em porcentagem; Prob > F.

Tabela 6. Ajuste das equações de volume testadas para o clone de eucalipto 1232

Modelo	Coeficientes						Ajuste			
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ² aj	SYX%	F	Prob>F
1	0,0051	4E-05					0,975	5,23	1229,13	1,65E-26
2	0,0210	-0,0003	4,83E-05	-0,00043			0,976	5,12	429,66	4,034E-24
3	0,0222	-0,0002	3,77E-05	8,2E-06	-7,3E-05		0,975	5,19	313,10	8,405E-23
4	-0,2233	0,0491	-0,00266	-0,00191	0,0001	0,00871	0,975	5,24	246,31	1,235E-21
5	-0,0415	0,0163	-0,00121	-0,00035	7,36E-05		0,975	5,16	317,38	6,981E-23
6	-4,5286	0,0223					0,916	10,24	348,23	2,057E-18
7	-9,9936	1,7851	1,114687				0,979	5,03	757,81	2,091E-26
8	-6,9076	0,9635	0,166999	-0,29579	0,2388		0,978	5,16	359,44	1,269E-23
9	0,0210	-0,0003	-0,00043	4,83E-05			0,976	5,12	429,66	4,034E-24
10	-0,3771	0,0002	2,61E-05	0,01306	2,8841		0,970	5,69	259,30	1,1E-21

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; SYX% = erro padrão da estimativa em porcentagem; Prob >F.

Tabela 7. Ajuste das equações de volume testadas para o clone de eucalipto 321.

Modelo	Coeficientes					Ajuste				
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ² aju	SYX%	F	Prob>F
1	0,0029	3,26E-05		0,0010			0,991	6,46	3463,74	8,23E-31
2	-0,0101	2,02E-05	2,951E-05	-6E-06			0,991	5,769	1450,55	3,37E-29
3	-0,0055	3,63E-06	3,497E-05	0,0004	7,62E-05		0,993	5,871	1050,48	3,73E-28
4	0,0309	-1,15E-02	7,215E-04	0,0004	2,02E-06	-6,89E-05	0,993	5,724	884,49	1,02E-29
5	0,0302	-1,15E-02	7,197E-04		2,31E-06		0,993	5,617	1148,09	1,49E-19
6	-5,1391	2,83E-02					0,935	18,944	445,53	1,38E-31
7	-10,3649	1,73E+00	1,254E+00	4,5378			0,992	6,004	1934,13	2,23E-29
8	-13,3791	4,01E-01	2,853E-01	3E-05	-5,90E-01		0,993	5,939	1083,43	8,23E-31
9	-0,0101	2,02E-05	1,007E-03	0,0069			0,993	5,769	1450,55	1,93E-28
10	-0,1276	2,80E-05	2,977E-05	0,0010	6,31E-01		0,992	6,26	922,44	8,23E-31

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , e b_5 = coeficientes; R^2_{aju} = coeficiente de determinação ajustado; SYX% = erro padrão da estimativa em Porcentagem; Prob >F.

Para a determinação da equação que melhor se ajustou aos dados fez-se análise gráfica de resíduo para as três equações selecionadas por espécie. Segundo Santos (2006), um modelo matemático só pode realmente ser indicado depois de verificado a existência ou não de um comportamento tendencioso sobre toda a linha de regressão, com os resíduos o mais uniformemente distribuído sobre a linha. A Figura 1 apresenta os gráficos de distribuição dos resíduos para a equação que melhor se ajustou para cada espécie avaliada.

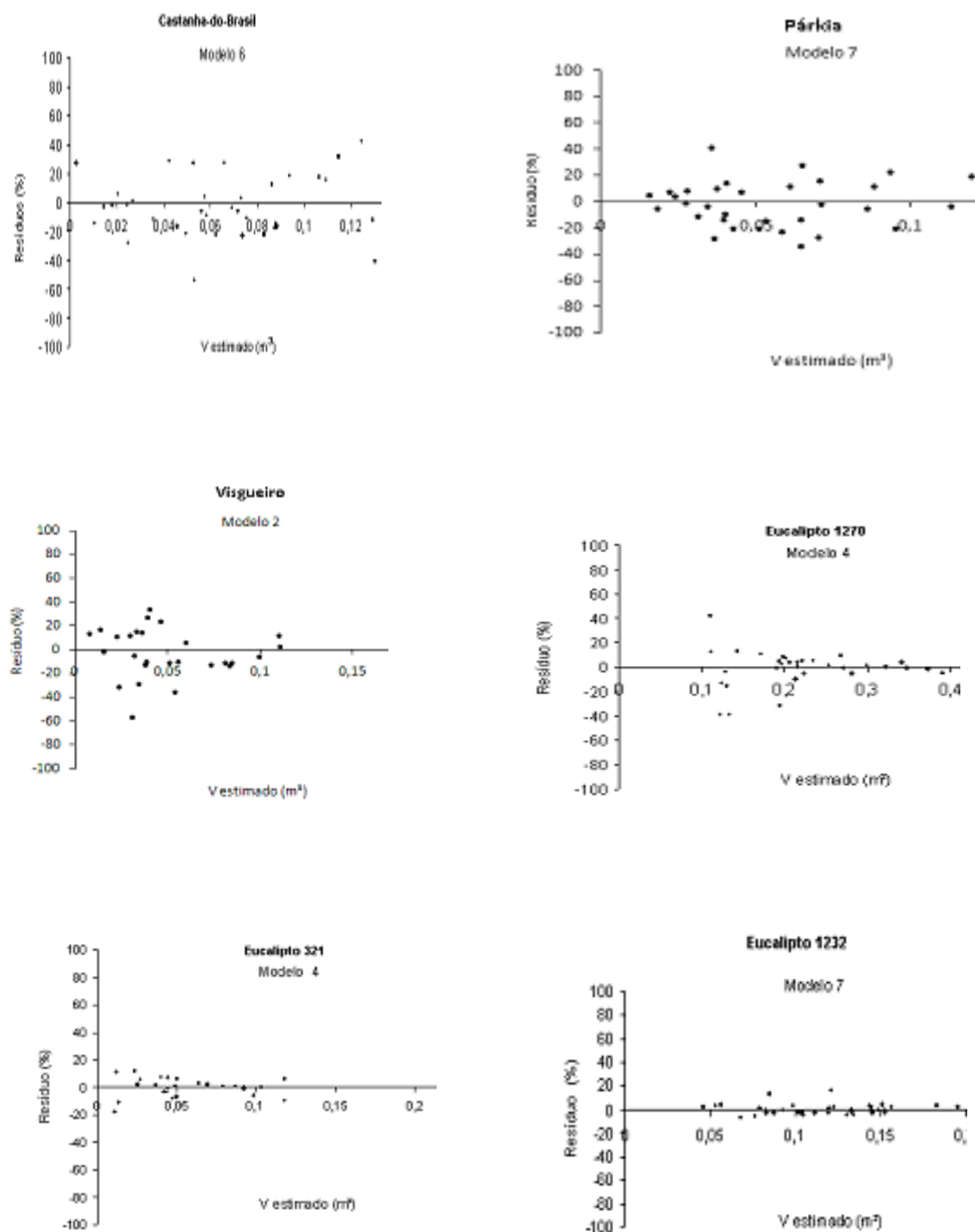


Fig. 1: Análise de distribuição gráfica de resíduos dos modelos selecionados para estimar o volume total com casca para as espécies avaliadas.

Na Figura 1 observa-se a distribuição dos resíduos para as equações que obtiveram melhor ajuste para as espécies castanha-do-Brasil, angelim-ferro e visgueiro que foram as de número 6 (Spurr logaritimizada), 7 (Schumacher-Hall) e 2 (Stoate), respectivamente. Para os clones de *Eucalyptus urograndis* 1270 e 321 foi selecionada a de número 4 (Meyer) e para a 1232 a de número 7 (Schumacher-Hall).

De acordo com a análise gráfica pode-se verificar que os clones de eucaliptos 1232 e 321 foram os que apresentaram maior uniformidade na distribuição dos resíduos ao longo da linha de referência.

Observando-se os gráficos de resíduos na Figura 1 verifica-se que as equações que apresentaram os melhores índices de R^2_{aj} e de $Syx\%$ nem sempre foram às escolhidas para estimar o volume para uma determinada espécie, pois ao se analisar a distribuição dos resíduos detectou-se tendências nas suas distribuições. Segundo Draper e Smith (1966) mesmo que os índices de ajuste R^2_{aj} e de precisão $Syx\%$ sejam julgados satisfatórios, a análise gráfica, embora visual, é a que realmente vai indicar se a estimativa é boa ao longo de toda a linha de regressão, se não há tendenciosidades em nenhum de seus segmentos e se a equação utilizada para as estimativas é realmente apropriada para tal fim.

Os resultados apresentados na Figura 1 mostram, ainda, uma grande variação nas equações ajustadas não sendo possível indicar um único modelo para os clones de eucalipto avaliados. Estes resultados também foram encontrados por Souza e Jesus (1991) que verificaram diferenças entre espécies nas equações testadas para volume comercial em três espécies nativas em florestas naturais. No entanto, Moura (1994), estudando a forma de espécies tropicais da Amazônia, verificou variações nos ajustes e selecionou o modelo volumétrico de Meyer.

Cinco dos seis modelos selecionados obtiveram bom desempenho em relação ao R^2_{aj} , (0,909 a 0,993), com valores para $Syx\%$ variando de 5,03 a 31,65 %. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2006) ao estudarem equações volumétricas por classe diamétricas para algumas espécies florestais da floresta ombrófila mista no Paraná. Neste estudo os autores verificaram que os índices de R^2_{aj} apresentados variaram entre 0,909 e 0,994 e $Syx\%$ inferiores a 16%.

Pode-se verificar, que todos os modelos testados apresentam valores de F altamente significativos ($P < 0,01$). Couto e Vettorazzo (1999) também obtiveram alto grau de significância ao selecionarem uma de equação de volume e peso para *Pinus taeda*.

4. Conclusões

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

A) Não foi possível selecionar uma única equação para todas as espécies estudadas.

B) Para as espécies nativas foram selecionadas as seguintes equações: Spurr logaritimizada para a castanha-do-brasil, a de Schumacher-Hall para o angelim-ferro, a de Stoate para o Visgueiro;

C) Para os clones de Eucaliptos as equações selecionadas foram a de Meyer para os clones 1270 e 321 e a de Schumacher-Hall para o clone 1232.

5. Referências Bibliográficas

COUTO, H.T.Z; VETTORAZZO, S.C. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, v.5, n.1, p. 69-80, 1999.

COUTO, H.T.Z; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. **IPEF**, n 37: p.33-44, 1987.

DRAPPER, NR.; SMITH, H. **Applied regression analysis** . New York: J. Wiley, 1966. 407p.

FERREIRA, M. **Escolha de espécies arbóreas para a formação de maciços**. Documentos Florestais. Piracicaba: ESALQ,1987, 15p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412 p.

FIGUEIREDO FILHO, A; OLIVEIRA, C.G; MOURA, J.B; CUNHA, U.S. **Conversão de equações de volumes em equações de forma para *Pinus elliotti***. In: Comparação de métodos de estimativas para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes épocas de desbastes. Colombo: Embrapa Florestas, 2005, 20p. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa Florestal, 50).

HOSOKAWA, R.T.; BRANDI, C.R; CUNHA, A.C. **Introdução ao manejo e economia da floresta**. Curitiba: UFPR. 1998, 162 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**.

Dt.Ges.für Techn.Zusammenarbeit, Rossdorf, República Federal da Alemanha. 2000, p.343.

MACHADO, S.A.; CONCEIÇÃO, M.B.; FIGUEIREDO, D.J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p.185-197, 2002.

MOURA, J.B. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira**. Curitiba, 1994. 114f. (Dissertação, de Mestrado. Universidade Federal do Paraná).

PIÑA, RODRIGUES, F.C.M; COSTA, L.C.G.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** SBS: Campos do Jordão, 1990, v.3, p.672 a 690, 1990.

PIRANI, A.M. **Análise do componente manejo florestal madeireiro do Programa Zona Franca Verde**. Manaus: UFAM, 2007. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas).

SANTOS, K; SANQUETA, C.R; EISFIELD, R.; WATZLAWICK, L.F.; ZILIOOTTO, M.A. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da floresta ombrófila mista no Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.8, n.1, p.2-8, 2006.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, M.S.P.D. **Equações de volume para uma floresta secundária no Planalto Central do Tapajos, Belterra, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1984, 22p. (Embrapa Amazônia Oriental, Boletim de Pesquisa Florestal, 8).

SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na Reserva Florestal de Campanha Vale do rio Doce. **Revista Árvore**, v.15, n.3, p.257-273, 1991.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F.; SÁ, S.P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no Estado de Roraima - andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, v.35, n.3, p.2005.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F.; SCHENGBER, D.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no Estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v.12, n.1, p.8-18, 2006.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

